Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 363-378

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۳۷۸-۳۶۳

مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) در سیستم کشت مخلوط جایگزینی در شرایط آب‌وهوایی گناباد

محمد دادمند[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و محمدرضا رمضانی مقدم[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۳

دادمند، م.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و رمضانی مقدم، م.، ۱۴۰۰. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) در سیستم کشت مخلوط جایگزینی در شرایط آب‌وهوایی گناباد. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۳): ۳۷۸-۳۶۳.

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر کشت مخلوط جایگزینی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی دو گیـاه پنبـه (*Gossypium hirsutum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه الگوی مخلوط جایگزینی (یک ردیف ذرت و یک ردیف پنبه (۱:۱)، یک ردیف ذرت و دو ردیف پنبه (۱:۲)، یک ردیف ذرت و سه ردیف پنبه (۱:۳)) و کشت خالص دو گیاه بود. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد علوفه و نسبت برابری زمین برای ذرت و ارتفاع گیاه، تعداد شاخه زایشی و رویشی، عملکرد دانه، عملکرد وش و نسبت برابری زمین بود. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه زایا، تعداد شاخه رویا، عملکرد وش، تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ در واحد سطح پنبه برای تیمار دو ردیف پنبه + یک ردیف ذرت شد. بالاترین عملکرد وش برای کشت خالص پنبه در سال‌های اول و دوم به‌ترتیـب بـا ۱۸۷۸/۷ و ۱۷۶۴/۱ کیلـوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین میزان به تیمار یک ردیف پنبه+ یک ردیف ذرت اختصاص داشت که در مقایسه با کشت خالص به‌ترتیب ۸۴ و ۷۷ درصد در سال‌های اول و دوم کاهش داشت. بیشترین شاخص سطح برگ پنبه در ۶۰ روز پس از سبز شدن در کشت مخلوط دو ردیف پنبه و یک ردیف ذرت در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۱/۹۶ و ۱/۶۳ مشاهده شد. در مورد ذرت نیز در سال‌های اول و دوم بالاترین عملکرد علوفه خشک در کشت خالص به‌ترتیب با ۵۴۸۹/۸ و ۵۶۳۹ تن در هکتار و کمترین مقدار به‌ترتیب در الگوهای یک ردیف ذرت + دو ردیف پنبه با ۱۸۹۴/۱ و ۲۱۹۶/۹ تن در هکتـار مشاهده شد. بیشترین شاخص سطح برگ ذرت به‌ترتیب با ۲/۷۳ و۳/۱۷ در سال‌های اول و دو آزمایش مربوط به تیمار سه ردیف پنبه + یک ردیف ذرت بود. در بین تیمارهای کشت مخلوط در ذرت بالاترین نسبت برابری زمین به‌ترتیب با ۰/۶۰ و ۰/۵۸ مربوط به الگوی ۱ ردیف ذرت و ۳ ردیـف پنبـه و برای پنبه نیز در همین الگوی کشت در سال‌های اول و دوم آزمایش به‌ترتیب با ۰/۵۹ و ۰/۵۸ مشاهده شد. نتایج این بررسی نشان داد که می‌تـوان از کشت مخلوط ذرت و پنبه به‌عنوان یک راهکار مدیریتی پایدار برای بهبود عملکرد دو گیاه ذرت و پنبه استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: شاخه رویا، شاخه زایا، عملکرد علوفه، عملکرد وش

مقدمه

کشت مخلوط به کشت هم‌زمان یا غیر هم‌زمان دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین گفته می‌شود؛ به‌طوری‌که گیاهان یـک دوره نسـبتاً طولانی را در کنار یکدیگر رشد و نمو کرده و از روابط متقابل در کنار

۱- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشـاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۳- استادیار، مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسـان رضـوی، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v12i4.70183

همدیگر بهره‌مند شوند (Vandermeer, 1989). کشت مخلوط یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد که افزایش محصول در آن به‌دلیل استفاده بیشتر گیاهان از عوامل محیطی مانند آب، مواد غذایی و نور می‌باشد. در کشت مخلوط، جامعه گیاهی در طول مدت زمان کوتاه‌تر، زمین را پوشانده و بدین ترتیب جذب یا کارایی استفاده از تشعشع را افزایش می‌دهد (Banik, 1996). بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها، کاهش هزینه‌های کارگری، جلوگیری از فرسایش خاک، کنترل علف‌های هرز (Schippers et al., 2001)، ثبات نسبی درآمد کشاورزان از طریق زیان ناشی از نوسانات تک‌محصولی و افزایش درآمد از دیگر مزایای کشت مخلوط می‌باشند (Edwards et al., 1990).

در واقع، کشت مخلوط یکی از راهکارهای اکولوژیکی بهبود ثبات و یا افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. برخی محققین معتقدند که در کشت مخلوط گونه‌های متفاوت، با توجه به وجود اختلافات از جمله اختلاف ارتفاع، نوع سیستم ریشه‌ای، سطح برگ، میزان جذب تشعشع خورشیدی و آب و عناصر غذائی توسط گیاه افزایش یافته و در نتیجه، افزایش عملکرد حاصل خواهد شد (Gustave et al., 2008). به عبارت دیگر، در کشت مخلوط هنگامی حداکثر عملکرد به‌دست می‌آید که گیاهان تشکیل‌دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند (Boquet et al., 2003). در صورتی‌که این گیاهان با خصوصیات ریخت‌شناسی متفاوت در مجاورت یکدیگر کشت شوند قادر خواهند بود که از عوامل محیطی استفاده بهینه نمایند و در نتیجه، عملکرد کل در واحد سطح افزایش خواهد یافت. گزارش شده است که کشت مخلوط می‌تواند به جذب بیشتر آب و مواد غذایی، افزایش رقابت گیاهان زراعی با علف‌های هرز و افزایش حاصلخیزی و حفظ ثبات ساختمان خاک نیز کمک کند (Vasilakoglou et al., 2005). همچنین بیان شده است که ساختمان و ترکیبات شیمیایی خاک در سیستم چندکشتی بهبود می‌یابد (Gaungwei et al., 2006). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داده است که عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max*) در کشت مخلوط با ذرت در اثر غالبیت شدید ذرت کاهش می‌یابد (Panhwar et al., 2004). در آزمایشی روی کشت مخلوط ارقام رونده لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) با ذرت، تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد غلاف لوبیا در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و شاخص برداشت لوبیا مشاهده شد (Gebyehu & Simane, 2006). اندرخور و همکاران (Andarkhor et al., 2006) در بررسی کشت مخلوط پنبه و کنجد (*Sesamum indicum*) نشان دادند که روش‌های کشت مخلوط از لحاظ عملکرد در وضعیت مطلوب‌تری نسبت به کشت خالص دو گیاه قرار داشت. در کشت مخلوط برنج (*Oryza sativa*) و لوبیا در نسبت‌های مختلف، تولید به‌علت کاهش رقابت درون گونه‌ای در مقایسه با رقابت بین گونه‌ای افزایش یافت (Midya et al., 2005). در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ذرت، نسبت برابری زمین برای تولید دانه و نیز تولید ماده خشک تنها در نسبت مخلوط ۵۰:۵۰ بیشتر از یک بود (Koocheki et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان (*Helianthus annuus*) بیشترین مقدار نسبت برابری زمین مربوط به ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد (Moosavian et al., 2011). در کشت مخلوط ذرت و ماش سبز (*Vigna radiate*) بالاترین نسبت برابری زمین برای عملکرد کل قبل از برداشت بلال از تیمار سطح تراکم کم و کشت خالص ماش به‌دست آمد (Sarlak & Aghaalikhani, 2009). زعفریان و باقری شیروان (Zaefariaan & Bagheri Shirvan, 2014)، در بررسی شاخص‌های رشد سه گونه سویا، ریحان (*Ocimum basilicum*) و گاوزبان(*Borago officinalis*) گزارش کردند که بیشترین شاخص سطح برگ سویا مربوط به تیمار ۷۵:۲۵ سویا - ریحان بود، در مقابل، حداقل شاخص سطح برگ سویا در تیمار ۷۵:۲۵ سویا - گاوزبان اروپایی مشاهده شد. این محققین همچنین دریافتند که بیش‌ترین شاخص سطح برگ ریحان، مربوط به کشت خالص بود و با افزایش سهم سویا در کشت مخلوط از شاخص سطح برگ ریحان کاسته شد. در بررسی کشت مخلوط کنجد و شاهدانه (*Cannabis sativa*) بیش‌ترین مقدار سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک شاهدانه در تیمار ۵۰:۵۰ کنجد و شاهدانه گزارش شده است (Koocheki et al., 2011). میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009)، در مطالعه خود روی کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) اعلام داشتند که سرعت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشتر بوده است. رحیمی درآباد و همکاران (Rahimi Darabad et al., 2014)، در کشت مخلوط سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) اظهار داشتند که با افزایش سهم گلرنگ در تیمارهای کشت مخلوط سرعت رشد محصول افزایش بیشتری نشان داد.

با توجه به پژوهش‌های انجام شده در مورد برتری عملکرد کشت مخلوط نسبت به خالص، آزمایش حاضر با هدف ارزیابی رشد و عملکرد دو گونه پنبه و ذرت در سری‌های جایگزینی در کشت مخلوط و مقایسه آن با کشت خالص این گیاهان در شرایط آب‌وهوایی گناباد به‌اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گناباد طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل یک ردیف پنبه + یک ردیف ذرت، دو ردیف پنبه + یک ردیف ذرت، سه ردیف پنبه + ردیف ذرت و کشت خالص پنبه و ذرت بود. قبل از انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)
Table 1- Physical and chemical characteristics of soil (0-30 cm)

هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg^{-1})	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg^{-1})	بافت Texture
16.53	7.7	147.00	6.4	لوم- شنی Sandy loam

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر در بهار انجام و میزان ۲۰۰ کیلو سوپرفسفات تریپل، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره به خاک اضافه و مخلوط گردید. سپس کرت‌هایی به‌طول ۶/۵ متر و عرض چهار متر ایجاد شدند. بین کرت‌ها و تکرارها یک متر فاصله به‌عنوان راهرو جهت سهولت در ثبت اطلاعات در نظر گرفته شد. هر کرت شامل نه پشته با فاصله بین ردیف ۶۵ سانتی‌متر بود. بذر پنبه (رقم خرداد) و ذرت (دابل کراس ۳۷۰) در اواخر اردیبهشت ماه روی خطوط کشت با فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت گردیدند. به‌منظور اطمینان از حصول تراکم مورد نظر در هر حفره سه بذر کشت گردید. آبیاری با استفاده از نوار تیپ و به‌صورت هر ۱۰ روز یک‌بار انجام و در هر دوره، حجم آب مصرفی با استفاده از کنتور حجمی به‌منظور آبیاری یکنواخت ثبت گردید. طی فصل رشد دو مرتبه کود سرک و هر بار به‌میزان ۱۰۰ کیلو گرم کود اوره در هکتار هم‌زمان با آبیاری مصرف شد. زمان مصرف کود سرک ۳۰ و ۷۰ روز پس از کشت بود. وجین علف‌های هرز و تنک مزرعه به‌صورت دستی و در دو نوبت (۲۰ و ۴۰ روز پس از کاشت) انجام گرفت.

نیمی از هر کرت، از ۲۰ روز پس از سبز شدن به نمونه‌گیری‌های تخریبی جهت محاسبه تغییرات ارتفاع، شاخص سطح برگ و وزن خشک هر دو گیاه ذرت و پنبه اختصاص یافت. بدین منظور، هر ۱۰ روز یک‌بار (سه بوته ذرت و سه بوته پنبه) برداشت و شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج[1] مدل LI-3100C اندازه‌گیری شد.

نمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و در نهایت، برای تعیین وزن خشک (DM)[2] ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ مدل AND EK-610 i مورد استفاده قرار گرفتند.

قبل از برداشت سه بوته از هر گیاه جهت تعیین اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه زایا، تعداد شاخه رویا و ارتفاع بوته برای پنبه و انتخاب شدند. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و علوفه ذرت و عملکرد وش پنبه دو ردیف کناری از هر کرت به‌عنوان حاشیه حذف و گیاهان باقی‌مانده از سطح خاک برداشت و بعد از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در سال دوم آزمایش، نیز تمامی مراحل و اندازه‌گیری‌ها مشابه سال اول اجرا شد.

داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار SAS 9.1 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج

1- Leaf area meter
2- Dry matter

درصد انجام شد. برای رسم شکل‌ها نیز از نـرم‌افـزار Excel اسـتفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکـرد ذرت در هـر دو سال آزمایش در الگوهای مختلف کشت مخلـوط جـایگزینی پنبـه و ذرت در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوهای کشت مخلوط با پنبه بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

Table 2- Analysis variance (mean of squares) for the effect of intercropping patterns with cotton on yield and yield component of corn during 2015 and 2016

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد علوفه Forage yield	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
سال اول First year					
تکرار Replication	3	556.72^{ns}	115687.15^{ns}	366421.00^{ns}	0.018^{ns}
تیمار Treatments	3	266.06^{ns}	2215832.23**	10512604.82**	0.34**
خطا Error	9	160.72	121122.99	400593.17	0.017
سال دوم Second year					
تکرار Replication	3	559.29^{ns}	841014.40^{ns}	3036061.99^{ns}	0.100^{ns}
تیمار Treatments	3	359.27^{ns}	2909356.16*	10502775.75*	0.25**
خطا Error	9	149.84	524164.27	1892233.01	0.024

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: are non-significant and significant at α=0.01

اثر کشت مخلوط با پنبه جایگزینی بر عملکرد علوفـه و عملکـرد دانه ذرت معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). از آنجا که در تیمارهای کشت مخلوط، تراکم کاشت از کشت خـالص کمتـر اسـت، بنـابراین بیشترین عملکرد مربوط به کشت خالص می‌باشد. به‌طوری‌که در سال اول آزمایش، بالاترین عملکرد علوفـه و دانـه ذرت در تیمـار کشـت خالص به‌ترتیب با ۵۴۸۹/۸ و ۲۵۱۹/۱ تن مـاده خشـک در هکتـار و کمترین مقدار به‌ترتیب در الگوی یک ردیف ذرت + دو ردیف پنبه با ۱۸۹۴/۱ و ۸۲۶/۸ تن در هکتار مشاهده شد. در سال دوم نیز بیشترین عملکرد علوفه و دانه ذرت بـه‌ترتیـب در کشـت خـالص بـا ۵۶۳۹ و ۲۹۶۷/۹ تن ماده خشک در هکتار و کمترین مقدار آن‌ها به‌ترتیب در الگوی یک ردیف ذرت + یک ردیف پنبه با ۲۱۹۶/۹ و ۱۱۵۶/۳ تـن در هکتـار حاصـل گردیـد (جـدول ۳). نتیجـه آزمـایش خرمـی‌وفـا (Khorramivafa, 2006) نشان داد که عملکـرد بیولوژیـک ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خـالص کـاهش یافـت. تونـا و اورکـا (Tuna & Orak, 2007) و پاتل و همکـاران (Patel et al., 1999) به‌ترتیب در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa*) با جو (*Hurdeum vulgare*) و نخـود (*Cicer arietinum*) بـا خـردل (*Brassica carinata*) گزارش کرده‌اند که عملکرد بیولوژیک هر یک از گیاهـان کشت شده در مخلوط این دو گیاه به‌طور معنـی‌داری در مقایسـه بـا کشت خالص آن‌ها کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر الگوهای کشت مخلوط با پنبه بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

Table 3- Mean comparison for the effect of intercropping patterns with cotton on yield and yield component of corn during 2015 and 2016

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
سال اول First year				
۱ردیف ذرت + ۱ ردیف پنبه 1row corn+1 row cotton	128.10^{a*}	1089.0^{bc}	2235.4^{c}	0.33^{c}
۱ردیف ذرت + ۲ ردیف پنبه 1 row corn+2 rows cotton	124.35^{a}	826.8^{c}	1894.1^{c}	0.43^{bc}
۱ردیف ذرت + ۳ ردیف پنبه 1 row corn+3 rows cotton	140.10^{a}	1536.9^{b}	3293.9^{b}	0.60^{b}
کشت خالص Monoculture	121.60^{a}	2519.1^{a}	5489.8^{a}	1.00^{a}
سال دوم Second year				
۱ردیف ذرت + ۱ ردیف پنبه 1row corn+1 row cotton	120.25^{a}	1156.3^{b}	2196.9^{b}	0.46^{b}
۱ردیف ذرت + ۲ ردیف پنبه 1 row corn+2 rows cotton	119.75^{a}	1267.3^{b}	2407.9^{b}	0.47^{b}
۱ردیف ذرت + ۳ ردیف پنبه 1 row corn+3 rows cotton	137.75^{a}	1397.2^{b}	2654.8^{b}	0.58^{b}
کشت خالص Monoculture	117.0^{a}	2967.9^{a}	5639.0^{a}	1.00^{a}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر صفت، دارای تفاوت معنی‌داری بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند ($p\leq 0/05$).

* Means in each column and for each trait, with at least one similar letter are not significantly different based on Duncan's multiple renge test ($p\leq 0.05$).

در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز عملکرد علوفه و عملکرد دانه ذرت در تیمار سه ردیف پنبه در کنار یک ردیف ذرت در هر دو سال آزمایش در حداکثر مقدار خود بود (جدول ۳). افزایش عملکرد در تیمار سه ردیف پنبه + یک ردیف ذرت احتمالاً بـه‌دلیـل وجـود بیشـترین فاصله بین بوته‌های ذرت می‌باشد که علاوه‌بر دریافـت نـور بیشـتر، گیاهان توانسته‌اند از آب و مواد غذائی بیشتری استفاده کنند. بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشـت و تراکم مناسب در گیاهان همراه در کشت مخلوط، جـذب آب و مـواد غذایی به‌دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلـف افـزایش می‌یابد (Hauggard-Nielson et al., 2001; Mirhashemi et al., 2012). بدین ترتیب چنین بنظر می‌رسد که در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی ذرت و پنبه، الگوی یک ردیف ذرت + سـه ردیف پنبه، دارای رقابت بین گونه‌ای کمتری در مقایسـه بـا رقابـت درون گونه‌ای بوده و باعث شده است تا گیاهان همراه در ایـن الگـو برای نیچ‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده که در نهایت، منجر به افزایش عملکرد در این الگو، در مقایسه بـا سـایر الگوهـای مخلـوط شده‌است.

همان‌طورکه در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد، بین تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط از نظر ارتفاع بوتـه ذرت اخـتلاف معنـی‌داری وجود نداشت، امّا به‌لحاظ مقداری ارتفاع بوتـه در گیاهـان موجـود در تیمار کشت مخلوط یک ردیف ذرت + سه ردیف پنبه در سال‌هـای اول و دوم به‌ترتیب بـا ۱۴۰/۱ و ۱۳۷/۸ سـانتی‌متـر بیشـتر از سـایر تیمارها بود (جدول ۳) که این میزان در مقایسه با کشت خالص ذرت در سال‌های اول و دوم ۱۳ و ۱۵ درصد بالاتر بود.

در کشت‌های مخلوط زمانی‌که رقابت بین گونه‌ای شکل می‌گیرد، گیاهان موجود به‌منظور جذب منابع به‌ویژه نور با یکدیگر بـه رقابـت

می‌پردازند. بنابراین، به نظر می‌رسد که رقابت برون گونه‌ای بین ذرت و پنبه زیاد بوده و ذرت به‌منظور فرار از این فشار رقابتی و استفاده بهتر از منابع موجود به‌ویژه نور، ارتفاع بوته را افزایش داده است. رضوان بیدختی (Rezvan Beydokhti, 2004) نیز عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع لوبیا را در کشت‌های مخلوط با ذرت، نسبت به خالص گزارش کرد.

عملکرد و اجزای عملکرد پنبه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد پنبه دانه، عملکرد وش، تعداد شاخه زایادر بوته، تعداد شاخه رویا در بوته و ارتفاع پنبه در الگوهای مختلف کشت مخلوط با ذرت در جدول ۴ نشان داده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوهای کشت مخلوط با ذرت بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of intercropping patterns with corn on yield and yield component of cotton during 2015 and 2016

سال اول / **First year**

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع گیاه Plant height	شاخه زایشی Symposial	شاخه رویشی Monopodial	عملکرد دانه Seed cotton yield	عملکرد وش Seed yield of boll	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
تکرار Replication	3	0.65^{ns}	34.56^{ns}	0.854^{ns}	119483.10^{ns}	231456.40^{ns}	0.0264^{ns}
تیمار Treatments	3	2.31^{ns}	3011.22^{**}	8.53^{**}	423121.05^{ns}	1745505.18^{**}	0.4391^{**}
خطا Error	9	1.19	77.28	1.00	217342.49	130762.92	0.022

سال دوم / **Second year**

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	شاخه رویشی Monopodial	شاخه زایشی Symposial	عملکرد وش Yield of boll	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
تکرار Replication	3	2.33^{ns}	3.69^{ns}	78103.76^{ns}	0.028^{ns}
تیمار Treatments	3	1.098^{ns}	3.29^{ns}	1362566.84^{**}	0.43^{*}
خطا Error	9	1.40	2.62	2.62	0.025

ns و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: are non-significant and significant at α=0.01

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط با ذرت از نظر عملکرد پنبه دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۴)، امّا عملکرد پنبه دانه در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص در هر دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری داشت (p≤۰/۰۵) (جدول ۴). به‌طوری‌که بالاترین عملکرد وش برای کشت خالص پنبه به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم با ۱۸۷۸/۷ و ۱۷۶۴/۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و کمترین میزان به تیمار یک ردیف پنبه + یک ردیف ذرت اختصاص داشت که در مقایسه با کشت خالص حدود ۸۴ و ۷۷ درصد کاهش داشت (جدول ۵).

در بین تیمارهای مخلوط بیشترین عملکرد وش از تیمار مخلوط دو ردیف پنبه در کنار یک ردیف ذرت به‌دست آمد (جدول ۵)، تیمار سه ردیف پنبه + یک ردیف ذرت در مقایسه با تیمار یک ردیف پنبه + یک ردیف ذرت در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۶۲ و ۴۲ درصد از عملکرد بالاتری برخوردار بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد در الگوی کشت دو ردیف پنبه + یک ردیف ذرت وضعیت رقابتی مناسبی برای بوته‌های پنبه‌ای که در مجاورت یکدیگر قرار دارند، به‌وجود می‌آید، در حالی‌که در الگوی کشت سه ردیف پنبه + یک ردیف ذرت علی‌رغم افزایش نسبی تراکم پنبه، با افزایش رقابت درون گونه‌ای کاهش عملکرد معنی‌دار پنبه امری اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی، کاهش عملکرد در تیمار سه ردیف پنبه + یک ردیف ذرت را می‌توان ناشی از کاهش رشد رویشی از جمله تعداد شاخه رویا (جدول ۵) دانست که

این امر با کاهش سطح فتوسنتزکننده سبب کاهش محصول گردید. همچنین افزایش عملکرد پنبه در نسبت‌های کشت مخلوط با ذرت مربوط به افزایش آسیمیلاسیون و بهبود تولید مواد فتوسنتزی بر اثر افزایش نسبی رقابت برون گونه‌ای و کاهش رقابت درون گونه‌ای (Singh, 1973) در مقایسه با کشت خالص می‌باشد. در بررسی عملکرد گیاه کنجد در کشت مخلوط با شاهدانه مشخص شد که عملکرد دانه هر دو گیاه تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki et al., 2010).

الو و ادیمو (Olowe & Adeyemo, 2009) نیز طی بررسی خود در کشت مخلوط کنجد و آفتابگردان اظهار داشتند که عملکرد کنجد در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر الگوهای کشت مخلوط با ذرت بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

Table 5- Mean comparison for the effect of intercropping patterns with corn on yield and yield component of cotton during 2015 and 2016

سال اول / First year

تیمار Treatments	شاخه زایشی Sympodial (plant)	شاخه رویشی Monopodial (plant)	عملکرد دانه Seed cotton yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد وش Yield of boll ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
۱ردیف ذرت + ۱ ردیف پنبه 1 row corn+1 row cotton	52.25^{c*}	8.74^{c}	1185.2^{a}	298.1^{c}	0.23^{c}
۱ردیف ذرت + ۲ ردیف پنبه 1 row corn+2 rows cotton	70.50^{b}	11.95^{a}	1404.9^{a}	1029.4^{b}	0.39^{bc}
۱ردیف ذرت + ۳ ردیف پنبه 1 row corn+3 rows cotton	76.25^{b}	9.07^{c}	1531.0^{a}	791.7^{bc}	0.59^{b}
کشت خالص Monoculture	117.25^{a}	11.33^{ab}	1903.8^{a}	1878.7^{a}	1.00^{a}

سال دوم / Second year

تیمار Treatments	شاخه زایشی Sympodial (plant)	شاخه رویشی Monopodial (plant)	عملکرد وش Yield of boll ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
۱ردیف ذرت + ۱ ردیف پنبه 1 row corn+1 row cotton	9.43^{a}	0.37^{a}	408.1^{b}	0.23^{c}
۱ردیف ذرت + ۲ ردیف پنبه 1 row corn+2 rows cotton	10.68^{a}	2.25^{a}	860.0^{b}	0.40^{bc}
۱ردیف ذرت + ۳ ردیف پنبه 1 row corn+3 rows cotton	9.93^{a}	0.50^{a}	708.1^{b}	0.58^{b}
کشت خالص Monoculture	9.81^{a}	0.43^{a}	1764.1^{a}	1.00^{a}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون و برای هر صفت، دارای تفاوت معنی‌داری بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن نمی‌باشند ($p\leq ۰/۰۵$).

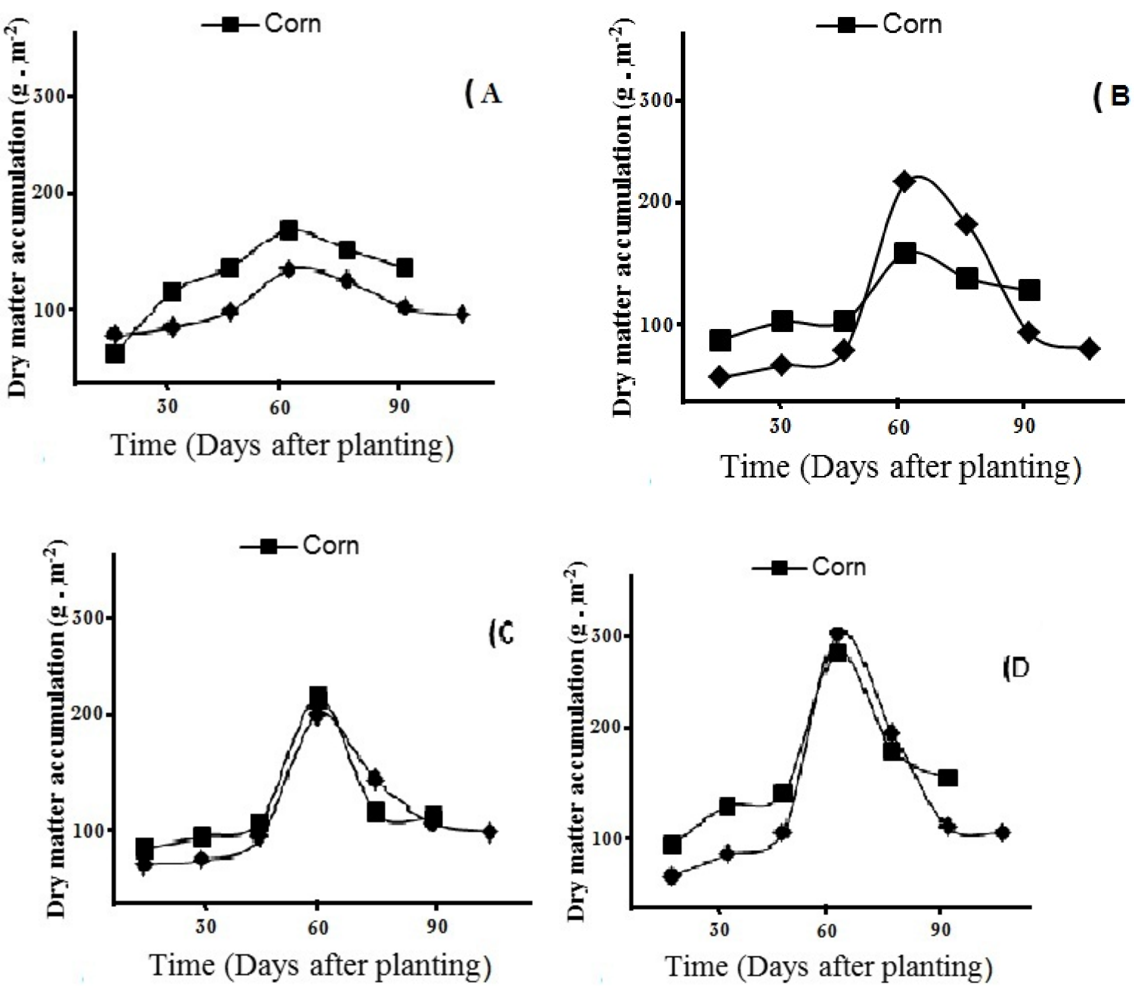
* Means in each column and for each trait, with at least one similar letter are not significantly different based on Duncan's multiple renge test ($p\leq 0.05$).

از نظر تعداد شاخه زایا و رویا در بوته پنبه بین تیمارهای آزمایش در سال دوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، امّا در سال اول آزمایش اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها در سال اول آزمایش نشان داد که تعداد شاخه زایا در بوته در تیمار یک ردیف پنبه + یک ردیف ذرت در مقایسه با کشت خالص پنبه، ۵۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). علت کاهش تعداد شاخه‌های زایا در تیمار مخلوط یک ردیف پنبه + یک ردیف ذرت می‌تواند به‌دلیل سایه‌اندازی بوته‌های ذرت روی پنبه باشد، امّا در شرایطی که ردیف‌های ذرت با فواصل بیشتری از هم قرار گرفته بودند (دو ردیف پنبه + یک ردیف ذرت یا سه ردیف پنبه + یک ردیف

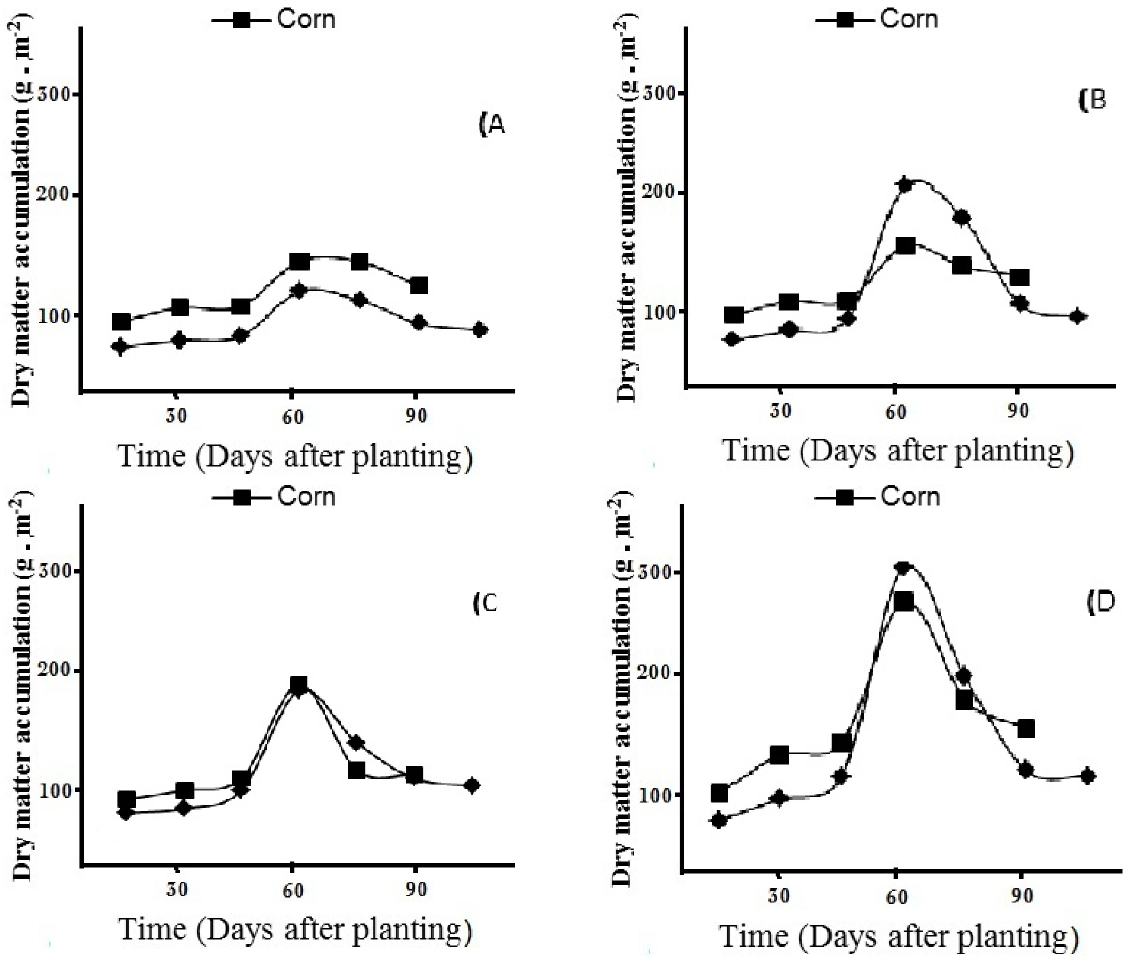
ذرت) تعداد شاخه‌های زایا در پنبه افزایش یافت. این یافته بـا نتـایج مرادی و همکاران (Moradi et al., 2017) که گزارش نمودنـد کـه الگوی کشت مخلوط از طریق کاهش ورود نـور بـه شاخسـاره گیـاه کوتاه‌تر (پنبه) منجر به کاهش رشد شد، مطابقت دارد.

بیشترین تعداد شاخه رویا با ۱۱/۹۵ در بوتـه در تیمـار دو ردیـف پنبه + یک ردیف ذرت مشاهده شد (جدول ۵). کاهش ۲۶ درصدی در تعداد این شاخه‌ها در تیمار یک ردیـف پنبـه + یـک ردیـف ذرت در مقایسه با تیمار یک ردیف پنبه در کنار یک ردیف ذرت می‌تواند ناشی از کاهش دریافت نور و همچنین رقابت بر سر دیگر عوامل رشد باشد، امّا در تیمار سه ردیف پنبه در کنار یک ردیف ذرت این کاهش ناشی از رقابت درون‌گونه‌ای است، چرا که این تیمار با تیمار تک‌کشتی پنبه اختلاف معنی‌داری نشان نداده است (جدول ۵). به عبارت دیگر، وجود یک ردیف ذرت در بین سه ردیف پنبه تأثیری بر رشد شاخه‌های رویا ندارد. افزایش تعداد شاخه‌های رویشی در تیمار دو ردیف پنبه در کنار یک ردیف ذرت نیز ناشی از کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های پنبه می‌باشد (Khan et al., 2001).



شکل ۱- روند تغییرات ماده خشک ذرت و پنبه در طول فصل رشد تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط جایگزینی در سال اول (الف): ۱ ردیف ذرت + ۱ ردیف پنبه، (ب): ۱ ردیف ذرت + ۲ ردیف پنبه، (ج): ۱ ردیف ذرت + ۳ ردیف پنبه و (د): کشت خالص

Fig. 1- The effect of intercropping patterns of cotton with corn (A) 1:1, B) 1:2, C) 1:3and D) monoculture) on the dry matter accumulation ($g.m^{-2}$) at the first year



شکل ۲- روند تغییرات ماده خشک ذرت و پنبه در طول فصل رشد تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط جایگزینی در سال دوم (الف): ۱ ردیف ذرت + ۱ ردیف پنبه، (ب): ۱ ردیف ذرت + ۲ ردیف پنبه، (ج): ۱ ردیف ذرت + ۳ ردیف پنبه و (د): کشت خالص

Fig. 2- The effect of intercropping patterns of cotton with corn (A) 1:1, B) 1:2, C) 1:3 and D) monoculture) on the dry matter accumulation ($g.m^{-2}$) at the first year

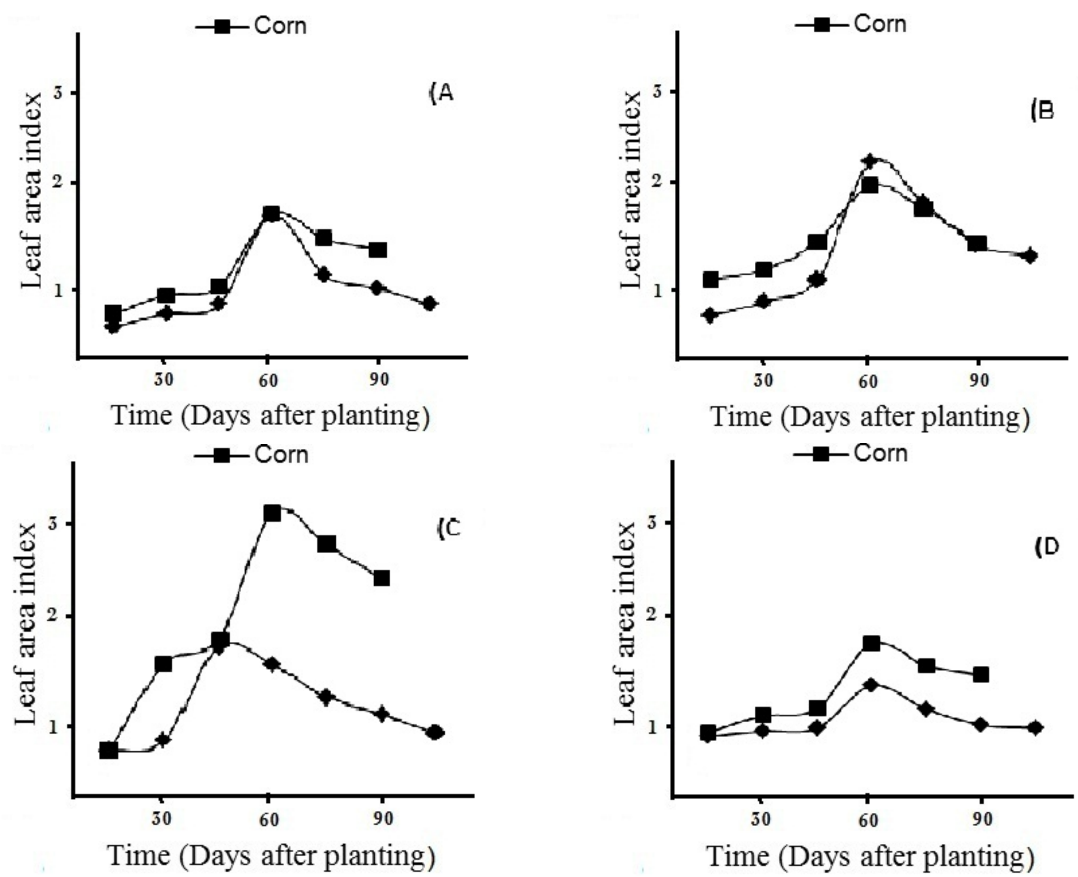
روند تجمع ماده خشک: افزایش زیست‌توده ذرت و پنبـه در تیمارهای کشت مخلوط در طول فصل رشد در هر دو سال آزمایش از روند مشابهی تبعیت کرد (شکل‌های ۱ و ۲). به‌طوری‌که روند افزایش تجمع ماده خشک ذرت و پنبه در همه تیمارها ۳۰ روز پس از کاشت وارد مرحله رشد خطی شده و به‌سرعت شروع به افـزایش نمـود و در حدود ۶۰ روز پس از کاشت (مرحله حصول حداکثر سطح برگ (شکل ۳))، در کشت خالص به حداکثر میزان خود به‌ترتیـب در ذرت و پنبـه برابـر بـا ۲۸۰/۲۸ و ۳۰۹/۹۲ گـرم در مترمربـع در سـال‌هـای اول و ۲۶۵/۳۲ و ۲۹۹/۶۰ گرم بـر مترمربـع در سـال دوم رسـید و سـپس به‌دلیل زرد شدن و تا حدودی ریـزش بـرگ‌هـا رونـد تقریبـاً ثـابتی به‌صورت کاهشی تا پایان فصل رشد در پیش گرفت (شکل‌های ۱ و ۲). در بین الگوهای مختلف مخلوط نیز بالاترین تجمع ماده خشـک در سال‌های اول و دوم در تیمار سه ردیف پنبـه + یـک ردیـف ذرت به‌ترتیب با ۱۹۲/۸۷ و ۱۷۴/۳۵ کیلـوگرم در هکتـار بـرای ذرت و در تیمار دو ردیـف پنبـه + یـک ردیـف ذرت در سـال‌هـای اول و دوم آزمایش به‌ترتیب با ۱۹۱/۲۶ و ۱۸۲/۹۲ کیلوگرم در هکتار برای پنبه حاصل شد (شکل ۲-۱).

چنین به نظر می‌رسد که رقابت درون گونه‌ای کمتـر نسـبت بـه رقابت بین گونه‌ای برای ذرت و پنبه، باعث بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع به‌ویژه نور شده و در نتیجه، میزان شاخص سطح برگ

(شکل ۲) و فتوسنتز و به تبع آن تجمع ماده خشک در کشت خالص نسبت به تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایش یافت.

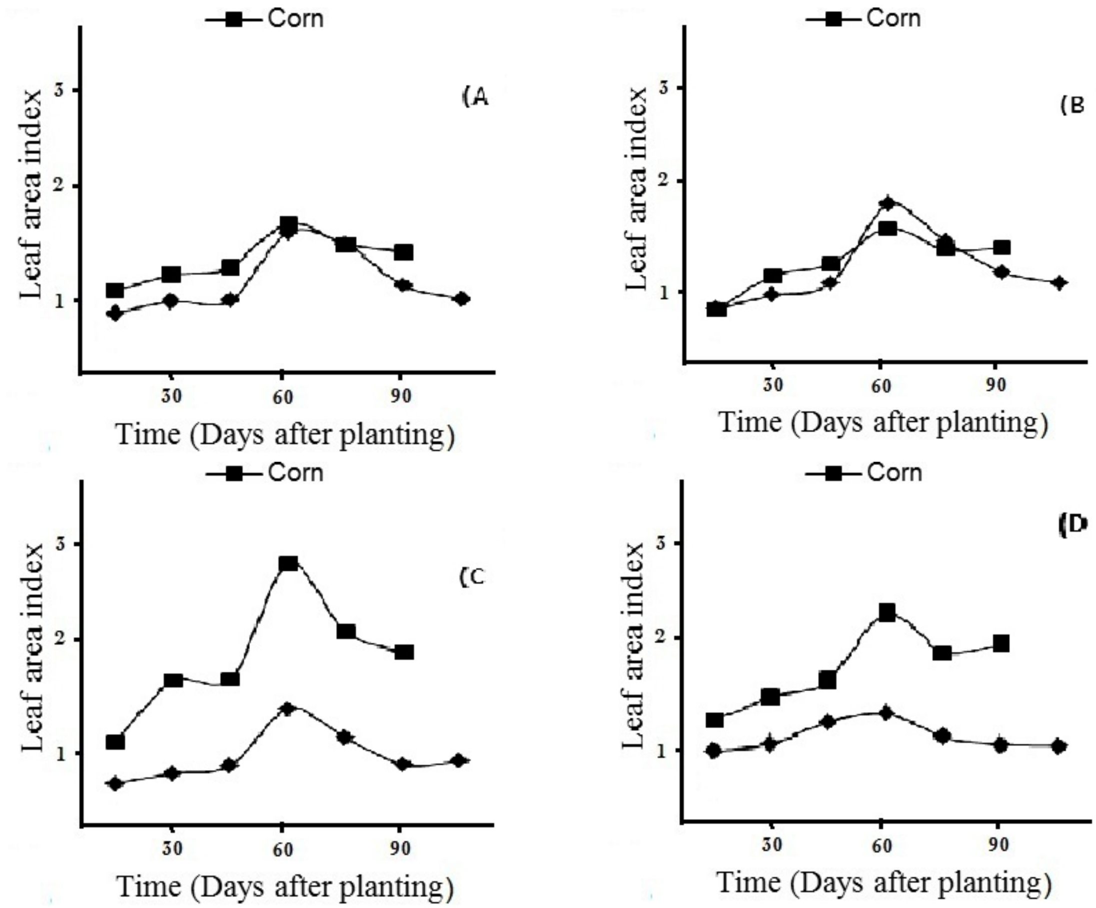
روند شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ در ذرت و پنبه بعد از سبز شدن، با سرعت کمی افزایش یافته و سپس با گذشت زمان و مناسب شدن شرایط رشدی مانند گرم شدن هوا، دوره سریع رشد آغاز و شاخص سطح برگ با روندی افزایشی در حدود ۶۹ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید و سپس به‌دلیل بسته شدن کانوپی، افزایش سایه‌اندازی بر برگ‌های پایینی و کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی، فعالیت فتوسنتزی گیاه کاهش یافته و با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد، به‌دلیل ریزش برگ‌های پایین کانوپی روند کاهشی برای شاخص سطح برگ مشاهده شد. با توجه به نتایج مشخص است که کانوپی کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی هر یک از گیاهان، دارای شاخص سطح برگ بالاتری بود (شکل‌های ۳ و ۴). بالاترین شاخص سطح برگ ذرت در ۶۰ روز پس از سبز شدن برای تیمار سه ردیف پنبه + یک ردیف ذرت در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۲/۷۳ و ۳/۱۷ و کمترین میزان آن در کشت خالص به‌ترتیب با ۱/۱۹ و ۱/۸۵ به‌دست آمد. بیشترین و شاخص سطح برگ پنبه نیز در همین زمان در کشت مخلوط دو ردیف پنبه + یک ردیف ذرت در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۱/۹۶ و ۱/۶۳ مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳- مقایسه روند تغییرات سطح برگ ذرت و پنبه در طول فصل رشد تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی در سال اول آزمایش: (الف): ۱ ردیف ذرت - ۱ ردیف پنبه، (ب): ۱ردیف ذرت - ۲ ردیف پنبه، (ج): ۱ ردیف ذرت - ۳ ردیف پنبه و (د): کشت خالص

Fig. 3- The effect of intercropping patterns of cotton with corn (A) 1:1, B) 1:2, C) 1:3and D) monoculture) on the Leaf area index at the first year



شکل ٤- مقایسه روند تغییرات سطح برگ ذرت و پنبه در طول فصل رشد تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی در سال اول آزمایش: (الف): ۱ ردیف ذرت - ۱ ردیف پنبه، (ب): ۱ردیف ذرت – ۲ ردیف پنبه، (ج): ۱ ردیف ذرت - ۳ ردیف پنبه و (د): کشت خالص

Fig. 4- The effect of intercropping patterns of cotton with corn (A) 1:1, B) 1:2, C) 1:3 and D) monoculture) on the Leaf area index at the first year

رستمی و همکاران (Rostami et al., 2010) نیز نشان دادند که کشت مخلوط ذرت و لوبیا منجر به افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با خالص شد. محققان دیگر نیز افزایش شاخص سطح برگ گیاهان در کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی را گزارش کردند (Mukhala et al., 1999; Koocheki et al., 2012; Koocheki et al., 2010). این محققان دلیل این امر را به مساعدت گیاهان در کشت مخلوط به‌ویژه در شرایط حضور گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن برای گونه‌های همراه نسبت دادند. بدین ترتیب، وجود اثرات تسهیل-کنندگی و تکمیل‌کنندگی ذرت و پنبه در کنار یکدیگر در کشت مخلوط منجر به افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با تک‌کشتی این گیاهان شد. از آنجا که سطح برگ هر گیاه این اندام دریافت‌کننده نور می‌باشد، بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای اکولوژیک مدیریت زراعی جهت افزایش سطح برگ گیاهان و در نهایت، افزایش عملکرد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت اجرای سیستم‌های کشت مخلوط جهت ارائه راهکارهایی در راستای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در سیستم-های کشاورزی پایدار، نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه ذرت و پنبه در الگوهایی از کشت که سهم گونه مخلوط در آن بیشتر است، بالاتر خواهد بود. همچنین به‌نظر می‌رسد که شاخص سطح برگ، و روند تغییرات ماده خشک در الگوی کاشت یک ردیف ذرت و سه ردیف ذرت یک پنبه نسبت به سایر الگوهای کشت بالاتر بود. در

نهایت، می‌توان اظهار امیدواری کرد که بـا افـزایش تـراکم پنبـه در الگوهای کشت مخلوط با بقولات، بتوان گامی عملی در جهت بهبود عملکرد تحت تأثیر تثبیت نیتروژن و کاهش هزینه‌های تولید در مزارع پنبه برداشت.

References

Abdel-Malak, R.R., Abdel-Kader, A.E.M., and El-Razaz, M.M., 1991. Studies on the effect of intercropping maize in cotton fields. Australian Journal of Agricultural Science 22 (1): 337-349.

Akramghaderi, F., Latifi, N., Karnejadi, C., and Rezaei, J., 2002. Environmental effects on germination and seedling growth during seed filling capitulate made of cotton varieties. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(2): 362-375. (In Persian with English Summary)

Andarkhou, S.A., Asadpour, H., and Nowrouzi, S.A., 2006. Improvement of land productivity in intercropping of cotton and sesame unde Mazandaran climatic conditions. 9th Congress of Agronomy and Plant Breeding, Aboureyhan Compus, Tehran, Iran. (In Persian)

Banik, P., 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume. Journal of Agronomy and Crop Science 279: 180-102.

Boquet, D.J., Koohce, K.L., and Walker, D.M., 2003. Selected determinate soybean cultivar yield responses to row spacing and planting dates. Agronomy Journal 74: 136-138.

Carrubba, A., Torre, La, R., and Matranga, A., 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid mediterranean environment. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS) 576: 207-213.

Carruthers, K., Prithiviraj, B.F.Q., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L., 2000. Intercropping corn with soybean, lupine and forages: yield component responses. European Journal of Agronomy 12: 103- 115.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglouc, I.B., and Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249–256.

Edwards, C.A., Lai, R., Madden, P., Miller, R.H., and House, G., 1990. Sustainable Agriculture Systems. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa. pp. 515-532.

Ennahl, I.S., and Earl, H., 2005. Physiological limitation to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. Crop Science 45: 2374-2382.

FAOSTAT. http://faostat.fao.org (Available at 2014).

Fininsa, C., 1997. Effect of planting pattern, relative planting date and intra-row spacing on a haricot bean maize intercrop. African Crop Science Journal 5: 15-22.

Gaungwei, D., Xiaobing, L., Stephen, H., Jeffrey, N., Dual, A., and Baoshan, X., 2006. The effect of cover crop management on soil organic matter. Scince Direct 130: 229–239.

Gebyehu, S., and Simane, B., 2006. Genotype × cropping systems interaction in climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown as sole crop and in association with maize (*Zea mays* L.). European Journal of Agronomy 24: 396-403.

Gomaa, M.A., 1991. Inter and intra specific competition among cotton and soybean plants. Annual Agricultural Science 29: 757–68.

Goudriaan, J., and Van Laar, H.H., 1993. Modeling Potential Crop Growth Processes. Kluwer Academic Press. pp. 94

Gustave, N.M., Jean, F., Ois, L., and Xavier, D., 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. Journal Environmental and Experimental Botany 64(2): 180-188.

Hemayati, S., Siadat, A., and Sadeghzade, F., 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities. Iranian Journal of Agriculture Sciences 25: 73-87.

Jahani, M., Koochaki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Jokar, M., Ghanbari, A., and Ghadiri, H., 2006. Study of intercropping of maize and cucumber and effect of it's on controlling weeds. M.Sc. Thesis. Agriculture College University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Kamel, A.S., Sherief, M.N., El-Masry, M.A., Badr, S.K., and Abd El-Aziz, M.A., 1990. Studies on a new intercropping system for maize and cotton in Egypt. Annual Agricultural Science 28(2): 749-759.

Karam F., Masaad R., Sfeir T., Mounzer O., and Rouphael Y., 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management 72: 119–122.

Khajehpour, M.R., 2008. Industrial Plants. Third Edition. Publisher of Isfahan University Jihad, Iran. pp. 275. (In Persian)

Khan, M.B., Mahboob, A., and Khaliq, A., 2001. Effect of planting patterns and different intercropping systems on the productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under irrigated conditions of Faisalabad. International Journal of

Agriculture and Biology 3(4): 432-435.
Khorramivafa, M., 2006. Intercropping ecology of corn and pumpkin. Ph.D. Dissertation in Agronomy, College of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Allahgani, B., and Najibnia, S., 2010. Evaluation of yield in maize and common bean intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 2: 605-611. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., Jafari, L., 2009. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. Journal of Agroecology 6(1): 11-20. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., and Shabahang, J., 2003. Evaluation of radiation interception and use efficiency in row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agroecology 2(3): 60-70. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S., 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 605-614. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and Sanjani, S., 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Journal of Agroecology 2(1): 30-40. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A., 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Journal of Agroecology 4(1): 1-11. (In Persian with English Summary)
Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A., and Vlachostergios, D.N., 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. Australian Journal of Crop Science 5(4): 396-410.
Mead, R., and Willey, R.W., 1980. The concept of a ‘land equivalent ratio’ and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-228.
Metwally, A.A., Shafik, M.M., El Metwally, M.A., and Safina, S.A., 2003. Tolerance of some soybean varieties to intercropping. Proceeding of the 10th Conference of Agronomy, Suez Canal University, Faculty of Environmental Science, EL-Arish, Egypt, pp. 279-293.
Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose, S.S., and Banik, P., 2005. Deferred seeding of black gram in rice field on yield advantages and smothering of weeds. Journal Agronomy Crop Science 191: 195-201.
Moosavian, S., Lorzade, S., Ebrahimpoor, F., and Abdonoor, C., 2011. Effect of nitrogen and mix ratio on grain yield and some morphological characteristics of maize and sunflower in intercropping in northern of Khuzestan region. Iranian Journal of Crop Research 4: 708-716. (In Persian with English Summary)
Moradi, R., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2017. Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of nitrogen. Journal of Crop Production and Processing 7(2):47-59. (In Persian with English Summary)
Mukhala, E., De Jager, J.M., Van Rensburg, L.D., and Walker, S., 1999. Dietary nutrient deficiency in small-scale farming communities in South Africa: Benefits of intercropping maize and beans. Nutrition Research 19: 629-641.
Olowe, I.O., and Adeyemo, A.Y., 2009. Enhanced crop productivity and compatibility through intercropping of sesame and sunflower varieties. Annals of Applied Biology 155: 285–291
Panhwar, M.A., Memon, F.H., Kalhoro, M.A., and Soomro, M.I., 2004. Performance of maize in intercropping systems with soybean under different planting patterns and nitrogen levels. Journal of Applied Science 4(2): 201-204.
Patel, B.R., Dilip, S., and Gupta, L.M., 1999. Effect of irrigation and intercropping on gram and mustard. Indian Journal of Agronomy 2: 283-284.
Rahimi Darabad, G., Barmaki, M., and Seyed Sharifi, R., 2014. Evaluation of some growth indices at potato and safflower intercropping. Applied Field Crops Research 27(104): 173-179. (In Persian with English Summary)
Rezvan Beidokhti, S., 2004. Comparison of different planting rate in intercropping corn and bean. M.Sc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
Sarlak, S.H., and Aghaalikhani, M., 2009. Effect of plant density and intercropping ratio on yield of maize and common bean intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 4: 367-380. (In Persian with English Summary)
Schippers, P., and Kropff, M.J., 2001. Competition for light and nitrogen among grassland species: A simulation analysis. Functional Ecology 15: 155-164.
Singh, D., and Kothari, S.K., 1973. Intercropping 19-effects on mustard aphid (*Lipaphis erysimi kaltenback*) population. Crop Science 37: 1263-1264.
Tomar, J.S., Mackenzie, A.F., Mehuys, G.R., and Ali, I., 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil applied nitrogen, and legume intercrops. Agronomy Journal 80: 802-807.
Tranbath, B.R., 1974. Biomass productivity of mixtures. Advances in Agronomy 26: 177-210.
Tuna, C., and Orak, A., 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/ oat

(*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agriculture and Biological Science 2: 14-19.

Vafaeetabar, M.A., and Talat, F., 2009. Qualitative and quantitative characteristics of some promising varieties of cotton in Varamin. Agricultural Science 5: 245-252.

Vandermeer, J., 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, New York. USA.

Vasilakoglou, I.B., Lithourgididis, A.S., and Dhima, K.V., 2005. Assessing common vetch-cereal intercrops for suppression of wild oat. Proceeding of the 13th international symposium. Session 5. European weed Research society. Bari. Italy. p. 287–305.

Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., and Hu, F., 2016. Analysis of leaf area index dynamic and grain yield components of intercropped wheat and maize under straw mulch combined with reduced tillage in arid environments. Journal of Agricultural Science 8(4): 26-42.

Zaefarian, F., and Bagheri Shirvan, M., 2014. Effect of intercropping different ratios on yield of soybean, sweet basil and borago. Journal of Crop Management 16(1): 197-214. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 363-378

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۳۷۸-۳۶۳

Evaluation of Yield, Yield Components, and Growth Indices of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Maize (*Zea mays* L.) Affected on Replacement Intercropping System under Gonabad Climate Conditions

M. Dadmand[1], A. Koocheki[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and M.R. Ramazani Moghaddam[3]
Submitted: 15-01-2018
Accepted: 12-04-2018

Dadmand, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and. Ramazani Moghaddam, M.R., 2021. Evaluation of yield, yield components, and growth indices of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Maize (*Zea mays* L.) affected on replacement intercropping system under Gonabad climate conditions. Journal of Agroecology 13(3):363-378.

Introduction

Intercropping is highly recommended to be used in many parts of the world for food or fibers productions, because of its overall high productivity. Intercropping consists of growing two or more crops together at once, even though the crops are not sown or harvested simultaneously. The success of intercropping is due to an enhanced temporal and spatial complementarity of resource capture. Many studies have reported that intercropping can increase crop yield due to efficient utilization of nutrients and light, and enhanced positive interactions between crops. Features of an intercropping system can differ with soil conditions, climate, economic situation, and preferences of the local community. In this study, we carried out a two-year field experiments to evaluate yield and yield components as well as growth indices in cotton and maize grown in an alternative intercropping systems.

Materials and Methods

The experiment was carried out based on a randomized complete block design at Gonabad Agricultural and Natural Resources Research Station. The cotton (Khordad cv.) and maize (D.C 370) plants were evaluated using an alternative intercropping system. The treatments consisted of one row of cotton along with one row of maize, two rows of cotton along with one row of maize, three rows of cotton along with one row of corn, and pure cotton and maize cropping. The seeds were sown 20 cm apart in the rows in May. Irrigation was performed every 10 days and monitored using a volumetric flow meter. Twenty days after emergence, sampling was carried out by harvesting three plants of each species to measure growth indices such as plant height, leaf area index, and dry weight. At the end of growing season the crops were harvested and yield and yield components were determined. The data were analyzed by using SAS 9.1 software.

Results and Discussion

The effect of intercropping was significant on maize seed and forage yield. Since plant density in intercropping treatments was less than pure culture, the maximum maize seed and forage yields were obtained from pure culture treatment. By contrast, the minimum seed and forage yields were related to one row maize along with two rows cotton treatment. Reduction in maize biological yield due to intercropping was reported by Khorami-Vafa (2006), Tuna and Orak (2007) and Patel et al., (1999). Three rows cotton along with one row maize treatment produced the maximum maize seed and forage yields. Yield increasing in this treatment may be due to more space between maize plants, providing more light and reducing intraspecific competition. No significant difference was found between intercropping treatments in terms of cotton yield. The maximum cotton yield was obtained from cotton pure cropping, whereas, the minimum yield was related to one row cotton along with one row maize treatment. Amongst intercropping treatments, the maximum cotton yield was obtained from

1- Ph.D. Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Assistant. Prof., Research Center. of Agricultural and Natural Resources of Khorasan Razavi Province, Iran.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir).
DOI:10.22067/jag.v12i4.70183

two rows cotton along with one row maize treatment. The increase in maize and cotton biomass followed a similar trend in both years. The maximum reproductive and vegetative branches, dry matter, and leaf area index were related to two rows cotton along with one row maize treatment. The maximum maize leaf area was related to three rows cotton along with one row maize treatment. In general, dry matter accumulation linearly increased 30 days after seed sowing in both maize and cotton plants and reached to its maximum 60 days after seed sowing and then started to decrease due to leaf senescence and abscission. Furthermore, in both species, leaf area index reached to its maximum 69 days after seed sowing and then started to decrease due to canopy closure, shading, leaf senescence, and abscission. Mukhala et al., (1999) and Koocheki et al., (2010) have shown intercropping cause a significant increase in leaf area index.

Conclusion

Generally it is concluded that maize and cotton yield in intercropping treatments were higher also traits such as leaf area index and dry matter accumulation in one row maize along with three row cotton was higher than other treatments.

Keywords: Forage yield, Lint yield, Monopodial branch, Sympodial branch.